

# 使えるんです塩素系溶剤 Ver.3

## — 適正管理・適正使用 —

塩素系溶剤（トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、塩化メチレン（ジクロロメタン））は、不燃性で、優れた溶解性などの特長を有することから脱脂洗浄等の各種用途で広く用いられています。

クロロカーボン衛生協会は、「クロロカーボン適正使用ハンドブック」等の技術資料を発行し、正しい使用方法の啓発及び普及に努めて参りましたが、近年、残念なことに塩素系溶剤の有害性のみが強調されるあまり、例えば、「環境マネジメントシステム ISO14001 認証を取得すると塩素系溶剤が使えなくなる」、あるいは、「塩素系溶剤が禁止になる」との誤解や根拠のない風評が聞かれます。

さらに、部品メーカーに対し塩素系溶剤の使用を禁止する大手企業の動きも一部見受けられるようになっていますが、塩素系溶剤が残留したまま納品されるようなことはあり得ず、コスト、環境影響、品質等のトータルパフォーマンスを十分検討した上での方針か疑問に思われるケースもあります。

化学物質管理に於いては、単に有害性のみで評価するものではなく、暴露量と合わせて評価するリスクベースの管理を行うことが現在の潮流です。また、EVABAT(Economically Viable Application of Best Available Technology：経済的に実現可能な裁量利用技術)のような、経済的で、安全に、しかも環境への影響も極小にするための手法の開発も進められています。

この冊子は、塩素系溶剤について、法規制、その特性、適正な使用・管理、健康及び環境への影響、排出量削減対策等に関する正しい理解の下で環境に配慮することにより、今後も継続的にご使用いただくことを目的に、また、前記のような誤解や風評を払拭するのが急務と考え、当協会が2005年に発行した「続 使えるんです塩素系溶剤—適正管理で優等生—」を最新の情報に基づいて改訂したものです。

# 1. 塩素系溶剤は使用禁止ではありません

塩素系溶剤の製造、使用、廃棄等に関しては種々の法規制がありますが、禁止されてはいません。又、今後も禁止されることは予定されていません。

EUにおける化学品規制に関連したグリーン調達動きの中で、塩素系溶剤が使用できないとの風評もありますが、全く根拠のないことです。EUの化学品規制は製品中に含まれる化学物質に関する安全情報を提供し、それに伴う危害を未然に防止することを目的とするもので、製造過程で使用する（製品に含有されないケース）までを規制するものではありません。

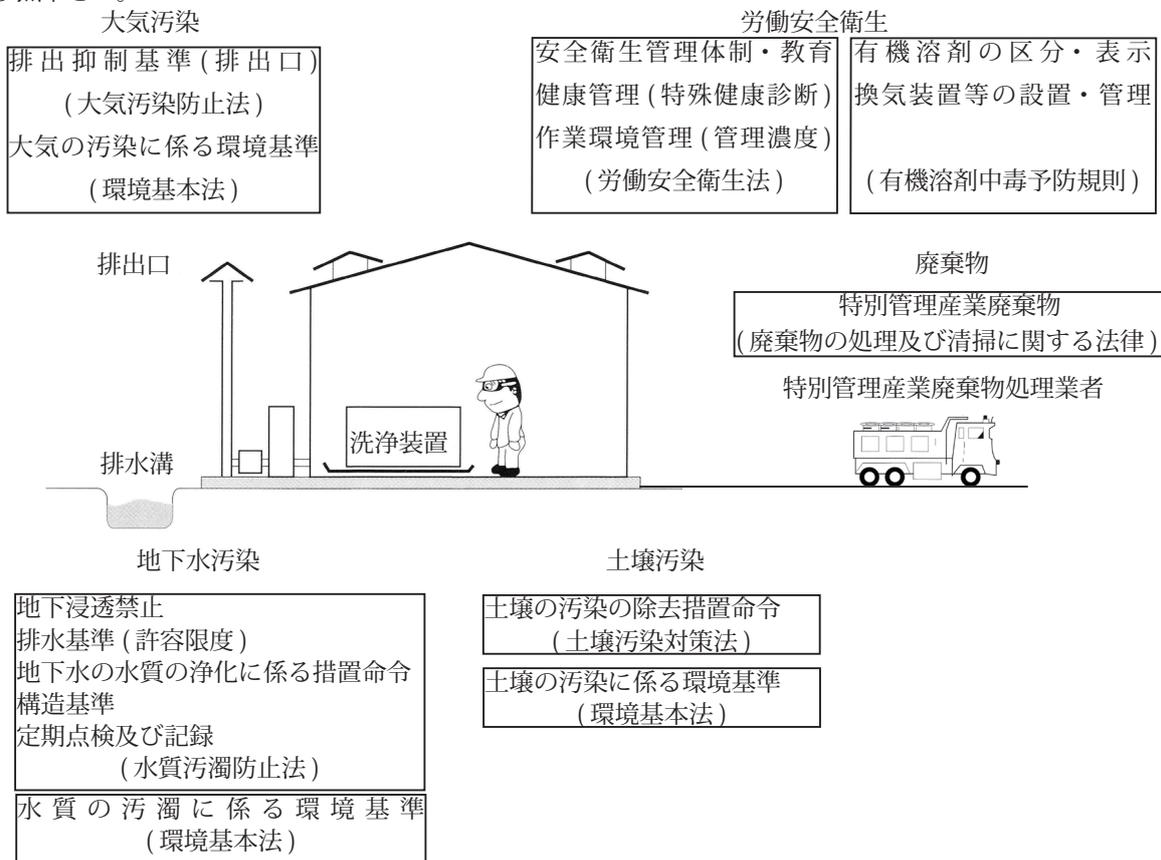
## 1.1 国内法規制の概要

塩素系溶剤は、製造・使用・廃棄等の過程に於いて様々な規制が課せられています。塩素系溶剤に関係する法律で主なものは、次の通りです。

- ①労働安全衛生法・有機溶剤中毒予防規則：労働災害を防止するため、職場での安全衛生管理体制・作業環境管理・健康管理等が定められています。なお、トリクロロエチレンは、第1種有機溶剤、テトラクロロエチレンとジクロロメタンは、第2種有機溶剤に指定されています。
- ②化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律（化審法）：トリクロロエチレンとテトラクロロエチレンが第2種特定化学物質に、塩化メチレンが優先評価化学物質に指定されています。
- ③大気汚染防止法：従来、トリクロロエチレン又はテトラクロロエチレンを使用する指定施設の排出抑制基準が定められていましたが、2006年4月より、揮発性有機化合物（VOC）の排出を抑制するためVOC排出事業者に対して、VOC排出施設の届け出義務、排出基準の遵守義務等が課せられました（洗浄剤が空気に接する面の面積が5㎡以上の洗浄施設）。なお、2013年3月よりVOCの濃度測定回数が、従来の年2回以上から年1回以上に改正されました。
- ④水質汚濁防止法：塩素系溶剤の公共水域への排出基準、地下浸透水の地下への浸透禁止、地下水の水質浄化措置命令等が定められています。2012年6月より、改正水質汚濁防止法が施行され、塩素系溶剤を使用する特定施設等の構造基準が設定され、その遵守と定期点検が義務付けられました。
- ⑤土壌汚染対策法：塩素系溶剤は特定有害物質に指定され、土壌の汚染に係る環境基準等が定められています。

その他、化学物質管理、廃棄物処理等の規制があります。詳細については、「クロロカーボン適正使用ハンドブック」をご覧ください。また、人の健康の保護と生活環境の保全の立場から望ましい基準として環境基準が定められています。

しかし、塩素系溶剤は製造や使用を禁止されていません。塩素系溶剤に適用される法規制の概要については次の図をご参照下さい。



塩素系溶剤に適用される主な法規制

## 1.2 海外での規制

米国や EU 諸国でも、日本と同様に、塩素系溶剤に対して様々な規制がされていますが、現在のところ製造や使用は、一部特定用途 (EU:ジクロロメタンを 0.1wt.%以上含む塗料剥離剤の上市・使用制限)を除き禁止されていません。

## 1.3 環境マネジメントシステム

環境マネジメントシステム (ISO14001) は、環境負荷の低減等の目標を設定し、継続的に改善を図るシステムです。塩素系溶剤の使用を禁止するあるいは制限する等の要求事項は含まれていません。従って、ISO14001 の規格を取得するために塩素系溶剤の使用を中止する必要は有りません。

## 2. 有害性に関する未知の部分は少なく、リスク管理が行いやすい

塩素系溶剤は、我が国では 40 年以上の使用実績があり、この間に有害性に関する種々の研究が行われ、未知の部分がほとんどないといっても過言ではありません。従って、塩素系溶剤は、リスクがよく分かっていない物質よりもリスク管理が行いやすいと言えます。

また、後述のように大気中寿命は短く、オゾン生成能及び地球温暖化係数は小さいこと等から地球環境への影響が少ない溶剤とすることができます。

一方、近年取り沙汰されている塩素系溶剤による土壌・地下水汚染は過去における不適切な取扱がその原因です。洗浄剤の選択に当たっては、洗浄剤のリスク評価と対策にかかるコスト評価との両面から何が最適であるかを考えて適切な対応をすることが大切です。

### 2.1 未知の部分が少なく、適正使用がポイント

化学物質のリスクの原因となる有害性の評価項目には

- ①人の健康影響:急性毒性、慢性毒性、生殖毒性、発がん性等
- ②環境生態影響:生分解性、濃縮性、魚毒性等
- ③化学物質物性的影響:可燃性、自己反応性、腐食性等
- ④地球環境影響:オゾン層破壊、地球温暖化、光化学スモッグ、土壌汚染等があります。

塩素系溶剤については、これらのほとんどの項目についてデータが明らかになっています。データの詳細については「クロロカーボン適正使用ハンドブック」をご覧ください。

一般的に化学物質は有用性と共に危険・有害性を持っており、塩素系溶剤も例外ではありません。化学物質が人の健康や生態系に悪い影響を及ぼす恐れのある可能性 (リスク) は、化学物質の有害性 (ハザード) の程度とどれだけ化学物質に暴露したか (暴露量) で決まります。

## 化学物質のリスク = 有害性 × 暴露量

つまり、有害性の高い物質であってもごく微量の暴露であれば、影響を受ける可能性は低くなります。もちろん暴露がなければリスクはゼロになります。すなわち、塩素系溶剤の使用に当たっては、適正な管理に基づく暴露の低減化を行うことが重要になります。一方、作業現場での管理濃度の遵守が労働安全衛生法で定められており、この濃度以下に管理することで作業者への健康影響を抑えることができます。

参考までに洗浄剤、洗浄剤添加剤として使用されている他の溶剤と共に管理濃度及び許容濃度勧告値を以下にまとめます。

なお、国内では化学物質排出把握管理促進法 (PRTR) 以外規制対象となっていない臭素系洗浄剤 (1-プロモプロパン) の許容濃度は、2011 年に ACGIH (米国産業衛生専門家会議) が 10ppm から 0.1ppm への変更予告、2012 年に日本産業衛生学会が 0.5ppm という大変厳しい暫定値を提案しています。また、EU でも可燃物等の警告ラベルの表示を義務付けられています。

物質名	厚生労働省管理濃度 (ppm)	日本産業衛生学会 勧告値		ACGIH/TLV (ppm)
		ppm	mg/m <sup>2</sup>	
トリクロロエチレン	10	25	135	50
テトラクロロエチレン	50	検討中		25
塩化メチレン (ジクロロメタン)	50	50	170	50
トリメチルベンゼン	—	25	120	25
n-ヘキサン	40	40	140	50
N-メチルピロリドン	—	1	4	—
エチレングリコールモノメチルエーテル	5	5	16	5
エチレングリコールモノエチルエーテル	5	5	18	5
1-プロモプロパン	—	0.5**	—	0.1*

\* 2011 年 Notice of Intended Changes (変更予告通知)

\*\* 2012 年暫定値

## 2.2 発がん性リスクについて

塩素系溶剤のヒトに対する発がん性は、現在確定していないものの、労働者が長期間暴露された場合、がん等の健康障害を生ずる可能性が否定できないということから、労働安全衛生法第 28 条第 3 項の規定に基づき「化学物質による健康障害防止指針（がん原性指針）」（トリクロロエチレンは対象外）が公表され、労働者の健康障害を未然に防止するための適正管理・適正使用が求められています。

塩素系溶剤は、安全性に関する研究が最も進んだ溶剤のひとつであり、現在も、発がん性リスクに関する様々な研究が続いており、発がんのリスクを低減する可能性を示唆する研究成果も多く発表されています。

なお、塩化メチレンについては、下記の報告が成されています。

### ①ゼネカ中央毒物研究所（1995 年）

塩化メチレンの代謝経路と考えられている CYP(チトクローム P-450) と GST(グルタチオン S-転移酵素) の 2 経路の代謝速度を暴露濃度(100～4,000ppm)、動物(マウス、ラット、ハムスター、ヒト)について検討した。その結果、マウスにおける GST 経路の代謝速度が、ラット、ハムスター、ヒトよりも桁違いに大きく、マウスのみに発がんの兆候が見られた。

### ②日本バイオアッセイ研究センター（厚生労働省委託研究）（2002 年）

2 年間にわたる高濃度（1,000～4,000ppm）長期吸入暴露試験で、マウスに 2,000ppm 以上の高濃度で発がん性が認められ、ラットに 4,000ppm で腹膜中皮腫の増加が認められた。ラットの 1,000ppm 暴露では比較対照群との間に有意差は認められなかった。

### ③塩化メチレン詳細リスク評価書（(独)産業技術研究所 化学物質リスク管理研究所）（2004 年）

塩化メチレンの代謝経路は、暴露濃度により異なっており、比較的低濃度の暴露では、CYP 経路で酸化され、一酸化炭素、二酸化炭素、塩化水素に代謝され、高濃度の暴露では、CYP 経路が飽和するため、GST 経路が活性化し、グルタチオン抱合され、ホルムアルデヒドを経由して二酸化炭素に代謝される。なお、GST 経路で産生される中間代謝物が発がん性に関与していると推察されている。また、CYP 経路が飽和する濃度は、ヒトでは 200～1,000ppm(OSHA 1997) と見積もられている。

即ち、管理濃度（50ppm）の数倍～数十倍という、通常の作業環境では考えられない高濃度で長期間暴露すると、発がんのリスクが増加すると考えられており、現状の各種法規制に則り、適正に管理・使用することが重要です。

なお、現状の塩素系溶剤等のヒトに対する発がん性リスクについての評価を示します。

物質名	日本産業衛生学会	国際がん研究機関 (IARC)	米国産業衛生専門家会議 (ACGIH)
トリクロロエチレン	第 2 群 B	グループ 2 A	A2
テトラクロロエチレン	第 2 群 B	グループ 2 A	A3
塩化メチレン	第 2 群 B	グループ 2 A	A3

ヒトに対する発がん性リスクの評価の分類

日本産業衛生学会

- 第 1 群 : 人間に対して発がん性のある物質
- 第 2 群 A : 人間に対しておそらく発がん性のあると考えられる物質で、証拠がより十分な物質
- 第 2 群 B : 人間に対しておそらく発がん性のあると考えられる物質で、証拠が比較的十分でない物質

国際がん研究機関 (IARC)

- グループ 1 : ヒトに対して発がん性である物質
- グループ 2A : ヒトに対しておそらく発がん性である物質
- グループ 2B : ヒトに対して発がん性がある可能性がある物質
- グループ 3 : ヒトに対する発がん性については分類できない物質
- グループ 4 : ヒトに対しておそらく発がん性がない物質

米国産業衛生専門家会議 (ACGIH)

- A1 : ヒトに対して発がん性が確認された物質
- A2 : ヒトに対して発がん性が疑われる物質
- A3 : 動物発がん性物質
- A4 : ヒト発がん物質として分類できない物質
- A5 : ヒトに対して発がん性として疑えない物質

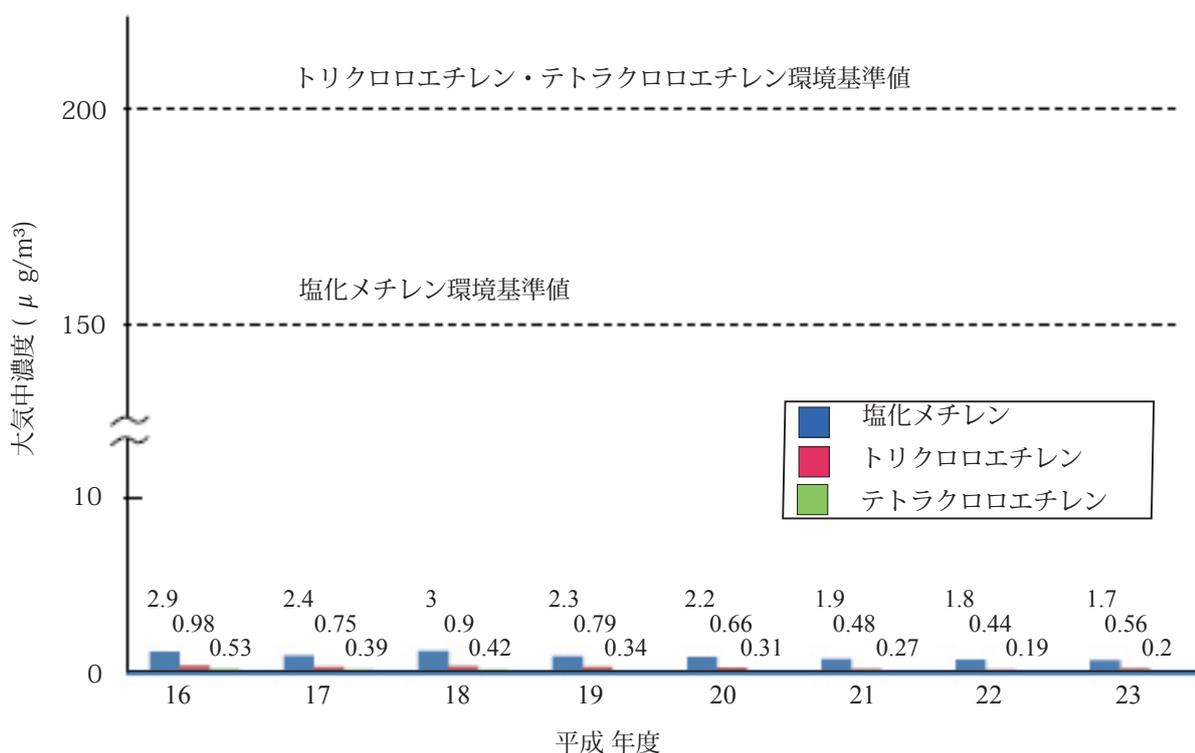
## 2.3 地球環境影響について

塩素系溶剤の大気中濃度は、環境基本法で定められている環境基準値と比較して遥かに低いレベルにあり、しかも各方面の努力と協力によりそのレベルが年々減少していることが大気環境モニタリング調査において確認されています。

地方公共団体等における有害大気汚染物質モニタリング調査結果(平均値)

単位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$

物質名	継続地点数	平成年度							
		16	17	18	19	20	21	22	23
トリクロロエチレン	117	0.98	0.75	0.90	0.79	0.66	0.48	0.44	0.56
テトラクロロエチレン	126	0.53	0.39	0.42	0.34	0.31	0.27	0.19	0.20
塩化メチレン	104	2.9	2.4	3.0	2.3	2.2	1.9	1.8	1.7



塩素系溶剤は揮発しやすい液体で、大気中に放出された場合、その寿命は比較的短く1週間から5ヶ月と推定されています。このために、大気中に蓄積される可能性が少なく、成層圏オゾン層に到達する前にほとんどすべてが分解してしまい、オゾン層破壊の恐れはありません。また、温室効果についても地球温暖化係数は炭酸ガスの5～10倍程度ですが、大気中の存在量を考慮すれば、地球温暖化の原因物質としては無視できるレベルであると言えます。さらに、塩素系溶剤の酸性雨への寄与の割合はごくわずかです。

大気中寿命、オゾン破壊係数、地球温暖化係数

物質名	寿命(年)	オゾン破壊係数*1	地球温暖化係数*2
トリクロロエチレン	0.018	0.005	5
テトラクロロエチレン	0.36	0.005	12
塩化メチレン	0.41	0.007	9
1-プロモプロパン	—	0.0049	0.31
HCFC-225(cb)	5.8	0.03	595
HCFC-365mfc	8.6	—	794
HFC-43-10mee	15.9	—	1,640
HFE-449sl(HFE-7100)	3.8	—	297

\*1 CFC-11を1とした場合の相対値

\*2 炭酸ガスを1とした場合の相対値(100年積分値)

## 2.4 揮発性有機化合物 (VOC) 排出抑制について

光化学オキシダントや浮遊粒子状物質 (SPM) による汚染を抑制する目的で、大気汚染防止法が改正され、原因物質とされる VOC の排出が規制されています。VOC とは、「大気中に排出され、又は飛散したときに気体である有機化合物」と定義されています。即ち、排出されたときの状態が気体であれば全てが VOC であることになります。

平成 18 年度に VOC 排出量の削減目標 (平成 23 年度の排出量を平成 12 年度比 30%削減) が設定され、平成 23 年度の排出量は目標を大幅に上回る 41%の削減を達成しましたが、光化学オキシダント注意報の発令レベルは、当初見込んだほど減少しませんでした。その為、平成 23 年度以降は、新たな削減目標は設定せず、現行の法規制と自主的取組を組み合わせた VOC 排出抑制制度を継続することになっています。

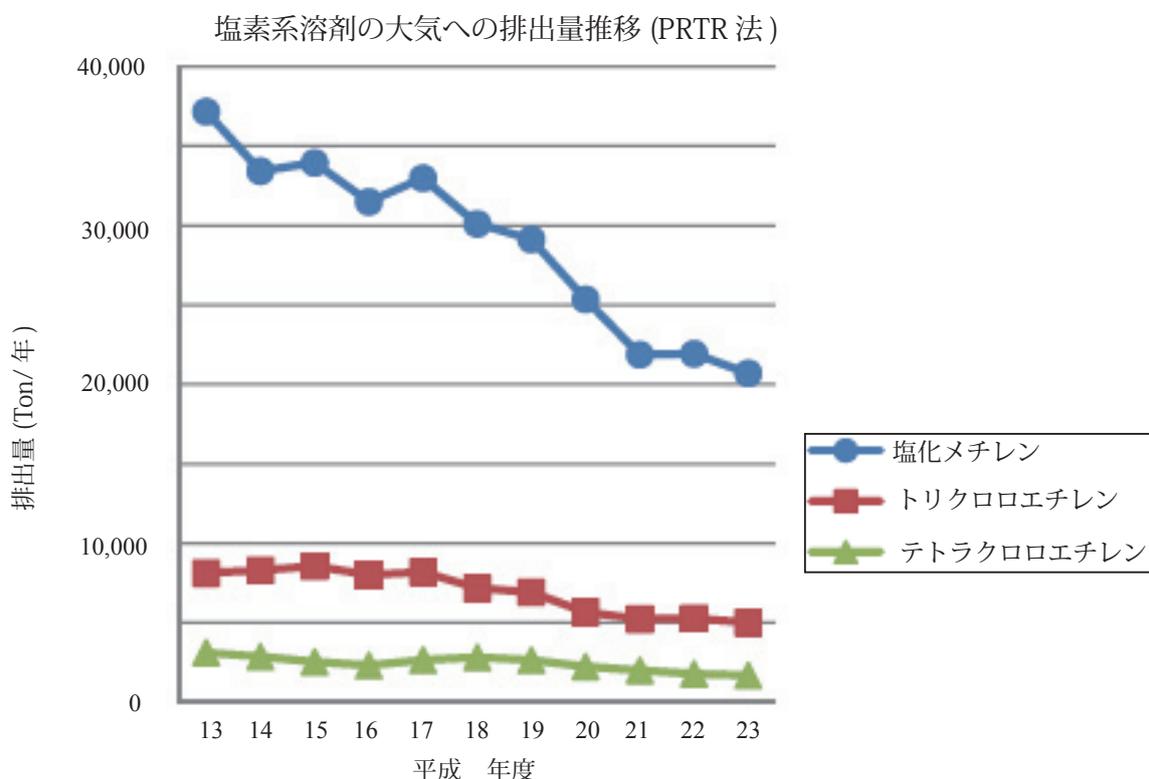
また、事業者の負担軽減策として、VOC の測定頻度を従来の年 2 回以上から年 1 回以上に、大気汚染防止法施行規則が改正されました (平成 25 年 3 月 6 日公布・施行)。

なお、塩素系溶剤の大気環境中への排出量は、有害大気汚染物質の自主管理の推進による環境負荷低減対策など各方面の努力と協力により年々減少していることが、PRTR 法 (特定化学物質の環境への排出量把握等及び管理の改善の促進に関する法律) に基づく届け出排出量の推移からも、次図の通り確認出来ます。

塩素系溶剤の大気への排出量推移 (PRTR 法)

(単位: Ton/年)

対象物質	年 度										
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
トリクロロエチレン	8,137	8,304	8,570	8,030	8,206	7,191	6,924	5,675	5,243	5,298	5,030
テトラクロロエチレン	3,131	2,882	2,551	2,333	2,664	2,834	2,660	2,255	2,018	1,799	1,699
塩化メチレン	37,169	33,428	33,946	31,495	32,982	30,114	29,130	25,362	21,878	21,939	20,705



### 3. 塩素系溶剤の特徴

塩素系溶剤は、古くから洗浄用途を含む産業分野で使用されてきている溶剤です。以下に塩素系溶剤の洗浄剤としての特徴をまとめます。

①優れた洗浄力

洗浄力の指標とされるカウリブタノール (KB) 値が高く洗浄力に優れています。

②不燃性

引火点がなく、通常の使用条件下では不燃性です。

③比熱、蒸発潜熱が小さい

比熱、蒸発潜熱が小さく、洗浄・回収エネルギーが少なくて済みます。

④廃液の回収が容易

防爆など特別な装置を必要とせず容易に蒸留・分離回収が可能です。

⑤洗浄システムのエネルギーコストが低く、温暖化影響が小さい

被洗浄物の種類や洗浄条件等による違いはあるものの、バッチ式精密金属洗浄におけるエネルギー使用量と温暖化影響度を比較した場合、塩素系溶剤による洗浄は、水系や準水系での洗浄に比べ共に半分程度の値となり、環境負荷が低い洗浄剤と言えます。

物質名	KB 値	引火点 (※密閉式)	沸点 ℃	比熱 kcal/kg	蒸発潜熱 kcal/kg	蒸発熱量 *1 kcal/kg	洗浄エネルギー *2 kwh/hr	温暖化影響 *3 kg-CO <sub>2</sub> /t-Metal
トリクロロエレン	130	なし	87	0.22	57.2	72	7.8	58.9
テトラクロロエレン	90	なし	121	0.21	50.0	71	8.4	64.1
塩化メレン	136	なし	40	0.28	78.7	84	10.1	76.3
1-ブフロプロパン	125	なし	71	0.27	58.8	73	—	—
HCFC-225	31	なし	54	0.24	34.6	43	—	182.1
トルエン	105	4.4	111	0.25	86.1	109	—	—
IPA	—	12	82	0.61	164.9	203	—	110.6
準水系	—	—	—	—	—	—	19.5	144.8
水系	—	—	100	1.0	538.9	619	17.4	115.5
HCFC-365mfc	13	—	40	— (0.35)	43	—	—	—

\*1 1kg の洗浄剤を液温 20℃から蒸発させるに必要な熱量

\*2 洗浄時の電気エネルギー使用量

\*3 全洗浄プロセスに於ける温暖化影響を炭酸ガス発生量で評価 (Arthur D Little, Inc, Update on Comparison of Global Warming Implications of Cleaning Technologies Using a Systems Approach, October 25, 1994 等より引用)

塩素系溶剤は長年にわたって使用されている経済的で、不燃性の、リサイクル性にすぐれる溶剤です。

塩素系溶剤による洗浄の代替として多くの溶剤、組成物及びシステムが提案されていますが、それらにはエネルギー消費量が多くなる、処理しなければならない大量の汚染水が発生する、可燃性である、或いは、環境及び健康影響が未だ十分に評価されていない等の問題があります。

ともすれば、有害性 (ハザード) のみが議論されていますが、適正に使用することで環境及び健康への影響を抑制できます。設備投資及びランニングコスト、使用に伴うリスク等あらゆる面を考慮すれば塩素系溶剤がバランスのとれた、優れた溶剤であることがお解り頂けると思います。

### クロロカーボン衛生協会会員名簿

種類	会社・団体名	種類	会社・団体名
正会員	旭硝子株式会社	準会員	ダウ・ケミカル日本株式会社
	信越化学工業株式会社	特別会員	日本特殊化学工業株式会社
	関東電化工業株式会社	賛助会員	株式会社ガステック
	東亜合成株式会社		光明理化学工業株式会社
	株式会社トクヤマ		全国クリーニング生活衛生同業組合連合会



Japan Association for Hygiene  
of Chlorinated Solvents

## 使えるんです塩素系溶剤 Ver.3 —— 適正管理・適正使用 ——

2013年9月発行

発行 クロロカーボン衛生協会

〒104-0033 東京都中央区新川 1-4-1  
住友不動産六甲ビル 8階

電話 (03) 3297-0321

FAX (03) 3297-0316

URL: <http://www.jahcs.org>